

# Radiazioni ionizzanti



## CAPITOLO 5 RADIAZIONI IONIZZANTI

Autori:

Giovanni AGNESOD<sup>(3)</sup>, Maria BELLI<sup>(1)</sup>, Elena CALDOGNETTO<sup>(2)</sup>, Damiano CENTIOLI<sup>(1)</sup>,  
Barbara DALZOCCHIO<sup>(2)</sup>, Mario DIONISI<sup>(1)</sup>, Gianpaolo FUSATO<sup>(2)</sup>, Piero MOZZO<sup>(2)</sup>,  
Giulia SVEGLIADO<sup>(2)</sup>, Flavio TROTTI<sup>(2)</sup>.

1) ANPA, 2) ARPA Veneto (CTN\_AGF), 3) ARPA Valle d'Aosta (CTN\_CON).

## 5 - Radiazioni Ionizzanti

Q5: Quadro sinottico indicatori per le radiazioni ionizzanti

Tema SINAnet	Nome Indicatore	Copertura Spaziale	Copertura Temporale	Stato e Trend	Rappresentazione Tabelle	Figure
RADIAZIONI IONIZZANTI	Concentrazione di attività di radioisotopi nel particolato atmosferico	☺	1986 1998	☺	5.1	5.1
	Concentrazione di attività di radioisotopi nelle deposizioni umide e secche	☹	1960 1998	☺	5.2	5.2
	Concentrazione di attività di radioisotopi in briofite/muschi	☺	1993 1995 1997	☺		5.3 - 5.5
	Concentrazione di attività di radioisotopi nell'acqua di mare	☹	1986 1998	☺		5.6
	Concentrazione di attività di radioisotopi nel latte	☺	1987 1998	☺	5.3	5.7
	Concentrazioni di attività di radioisotopi nella dieta mista	☺	1987 1998	☺	5.4	5.8 - 5.9
	Concentrazioni di attività di radon indoor	☺	1989 1994	☹	5.5	5.10
	Quantità di rifiuti radioattivi	☺	2001	☹	5.6	5.11
	Attività lavorative con uso di materiali contenenti radionuclidi naturali (NORM)	☹	1999 2001	☹	5.7 - 5.8	

Per la lettura riferirsi al paragrafo "Struttura del documento" pag. 4

### Introduzione

Si definiscono ionizzanti le radiazioni in grado di produrre, direttamente o indirettamente, la ionizzazione degli atomi o delle molecole. Questa proprietà ha importanti implicazioni sanitarie, dato che i danni indotti dalle radiazioni sulle macromolecole biologiche possono portare a processi di cancerogenesi. Tra le principali sorgenti naturali di esposizione umana vi sono la radiazione cosmica e la radiazione terrestre; nell'ultimo secolo si sono aggiunte varie sorgenti artificiali di radiazioni ionizzanti sia in campo medico che in quello industriale e militare.

Gli indicatori selezionati e popolati nel documento, nella loro articolazione rappresentano un buon compromesso tra esigenze conoscitive di dettaglio ed efficacia informativa.

### 5.1. Radiazioni ionizzanti

L'obiettivo conoscitivo generale è la valutazione della radioattività ambientale in relazione a cause primarie, pressioni, stato, impatto e risposte.

Quasi tutti gli indicatori proposti (in tutto nove) provengono dall'insieme degli indicatori prioritari per questo tema ("Rassegna di indicatori e indici per il rumore, le radiazioni non ionizzanti e la radioattività

*ambientale*" - RTI CTN\_AGF 4/2000); solo la "Quantità di rifiuti radioattivi" appartiene all'insieme generale degli indicatori ed è stato inserito in questo documento per la disponibilità di dati presso l'ANPA. Gli indicatori proposti appartengono per lo più alla categoria degli indicatori di stato, determinandone la predominanza numerica complessiva rispetto agli indicatori delle altre categorie. Questo fatto sembra riflettere una organizzazione delle azioni territoriali in materia di radioattività ambientale indirizzata prevalentemente al controllo di stato e, apparentemente, un po' meno pronta a recepire le esigenze di quantificazione degli impatti (dalle concentrazioni alle dosi) o a predisporre eventuali azioni migliorative; c'è anche da segnalare qualche ritardo nell'inventariare le cause primarie in quelle situazioni ove ciò è possibile ed utile (attività lavorative con NORM, strutture sanitarie con impiego di sostanze radioattive non sigillate, ecc.). I dati riguardanti i radionuclidi artificiali e naturali (in parte) nella biosfera sono prevalentemente di fonte ANPA e consistono soprattutto nelle informazioni contenute nei Rapporti annuali (del 1998 nel caso specifico) delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale.

Tra gli indicatori prioritari della radioattività ambientale non riportati vi sono: gli indicatori di stato relativi alle acque superficiali e potabili, ai molluschi e alle alghe a causa dell'assoluta mancanza di dati, e l'indicatore di impatto "Dose gamma ambientale indoor/outdoor" per insufficiente disponibilità di dati.

Nel quadro Q5.1 che segue vengono forniti, per ciascun indicatore, le finalità, la classificazione nel modello DPSIR e i riferimenti normativi.

**Q5.1: Quadro delle caratteristiche degli indicatori per le radiazioni ionizzanti**

Nome Indicatore	Finalità	DPSIR	Riferimenti Normativi
Concentrazione di attività di radioisotopi nel particolato atmosferico	Controllare gli eventi di ricaduta radioattiva di carattere globale o di ambito locale	<b>S</b>	D.Lgs. 230/95, Raccomandazione Europea dell'8 giugno 2000
Concentrazione di attività di radioisotopi nelle deposizioni umide e secche	Monitorare le ricadute radioattive da eventi di contaminazione in atmosfera	<b>S</b>	D.Lgs. 230/95, Raccomandazione Europea dell'8 giugno 2000
Concentrazione di attività di radioisotopi in briofite/muschi	Fornire una valutazione del grado di radiocontaminazione del suolo da emissioni puntuali (es. impianti nucleari) sia in situazioni routinarie che incidentali, da emissioni diffuse, quali test ed esperimenti nucleari in atmosfera	<b>S</b>	D.Lgs. 230/95
Concentrazione di attività di radioisotopi nell'acqua di mare	Monitorare la presenza di radioisotopi artificiali nell'acqua di mare e conseguente valutazione del livello di alterazione ambientale	<b>S</b>	D.Lgs. 230/95, Raccomandazione Europea dell'8 giugno 2000
Concentrazione di attività di radioisotopi nel latte	Monitorare la presenza di radioisotopi artificiali nel latte e conseguente livello di alterazione ambientale	<b>S</b>	Regolamento CEE 737/90 e successive proroghe, D.Lgs. 230/95, Raccomandazione Europea dell'8 giugno 2000
Concentrazioni di attività di radioisotopi nella dieta mista	Fornire il dato di input per le valutazioni sanitarie negli eventi di contaminazione interna	<b>I</b>	D.Lgs. 230/95, Raccomandazione Europea dell'8 giugno 2000 sull'applicazione dell'art.36 del Trattato Euratom riguardante il controllo del grado di radioattività ambientale allo scopo di determinare l'esposizione dell'insieme della popolazione
Concentrazioni di attività di radon indoor	Monitorare una delle principali fonti di esposizione alla radioattività naturale della popolazione	<b>S</b>	Raccomandazione europea 21 febbraio 1990
Quantità di rifiuti radioattivi	Documentare distribuzione dei siti di detenzione, tipologia e quantità di rifiuti radioattivi	<b>P</b>	D.Lgs. 230/95
Attività lavorative con uso di materiali contenenti radionuclidi naturali (NORM)	Quantificare le 'fonti di pressione ambientale relative ai Norm'	<b>D</b>	D.Lgs. 230/95; D.L. 26 maggio 2000, n. 241

**INDICATORE**

CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADIOISOTOPI NEL PARTICOLATO ATMOSFERICO

**SCOPO**

La valutazione della concentrazione di attività di Cs-137 nel particolato atmosferico permette il controllo di eventi di ricaduta radioattiva di carattere globale o di ambito più localizzato.

**DESCRIZIONE**

Si tratta tipicamente di un indicatore di stato. Misura la presenza di radioisotopi artificiali in campioni di particolato atmosferico corrispondenti a volumi di aria noti.

**UNITÀ di MISURA**

Bq/m<sup>3</sup>

**FONTE dei DATI**

Collacino, Dietrich, Favale, Passamonti, Baldi, 1987, "La radioattività dell'aria in Italia a seguito dell'incidente di Chernobyl", *Gli studi sulla radioattività ambientale e sull'impatto sanitario anche sulla base dell'incidente di Chernobyl*, ENEA.

ENEA-DISP, *Rapporto annuale sulla Radioattività Ambientale in Italia, Reti Nazionali*, 1986-87, 1988, 1989, 1990.

ANPA, *Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia*, 1991, 1992, 1993, 1994-97, 1998.

**NOTE TABELLE e FIGURE**

I prelievi sono stati storicamente affidati ad una rete di stazioni dell'Aeronautica Militare distinte per quota (alta e bassa) e latitudine (nord, centro e sud), caratterizzate da procedure e sistemi di campionamento omogenei, con determinazioni radiometriche prima svolte dal CNR/IFA e dal 1993 da alcuni CRR (Centri Regionali di Riferimento) afferenti alle Reti Nazionali; nel tempo si sono aggiunti alle predette stazioni ulteriori punti presso i laboratori delle Reti Nazionali, mentre dal 1999 è in atto lo smantellamento di parte delle stazioni dell'Aeronautica.

Nella tabella 5.1 vengono presentati i dati delle misure su pacchetti mensili dei filtri di aspirazione, effettuate in accordo al protocollo delle Reti Nazionali, per il 1998, per macroregione<sup>1</sup>. Si osserva una certa disomogeneità nella copertura territoriale.

Nelle analisi effettuate l'attività è spesso risultata inferiore alla minima attività rivelabile<sup>2</sup>. I valori medi mensili sono dunque abbastanza uniformi per le singole macroregioni ad eccezione del dato di giugno del nord Italia che è significativamente maggiore (come da test statistici di significatività): in effetti nel giugno 1998 il nord Italia è stato interessato da una contaminazione puntuale dovuta all'incidente alla fonderia spagnola di Algeciras.

<sup>1</sup> La Raccomandazione Europea dell'8 giugno 2000 sull'applicazione dell'art. 36 del Trattato Euratom riguardante il controllo del grado di radioattività ambientale allo scopo di determinare l'esposizione dell'insieme della popolazione, prevede la suddivisione dell'Italia nelle seguenti macroregioni (come riportato nella norma ISO 3166/4217):

- Nord: Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Lombardia, Piemonte, Province di Bolzano e Trento, Val d'Aosta e Veneto
- Centro: Abruzzo, Lazio, Marche, Molise, Toscana, Umbria e Sardegna
- Sud: Basilicata, Calabria, Campania, Puglia e Sicilia.

<sup>2</sup> Nelle medie sui dati non si è distinto tra valori misurati e minime attività rivelabili (MAR); sono state trascurate le analisi con MAR superiori a 0,1 Bq/l.

L'andamento temporale (con cadenza mensile) della concentrazione di Cs-137 nel particolato atmosferico per le stazioni del nord Italia è visualizzato in figura 5.2. I dati sono tratti dai Rapporti delle Reti Nazionali; il valore relativo ai primi giorni di maggio dell'86 (arrivo della nube di Chernobyl in Italia) si riferisce alle stazioni del centro nord e al CCR di ISPRA (Collacino et al., 1987). Si evidenzia il picco dovuto all'incidente di Algeciras (giugno 1998).

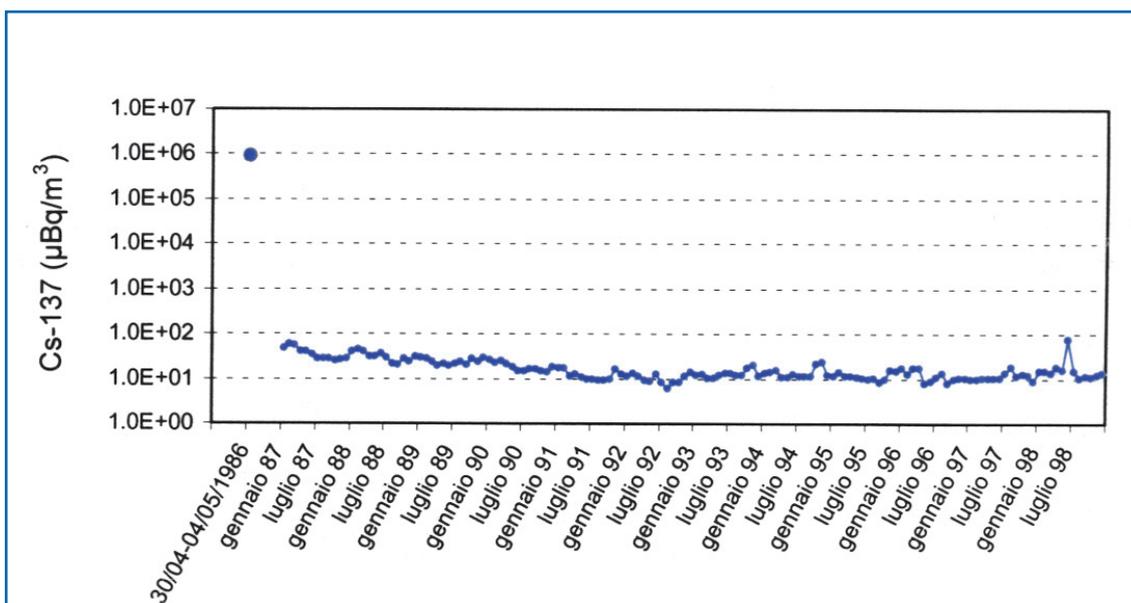
### ***OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA***

L'art. 104 del D.Lgs.230/95 individua le reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale come strumento per la stima dell'esposizione della popolazione dovuto a sorgenti diffuse.

**Tabella 5.1: Concentrazione di attività di Cs-137 ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ): media mensile e deviazione standard nel particolato atmosferico nel 1998**

	Nord	Centro	Sud
Gennaio	15 $\pm$ 19	9 $\pm$ 9	5 $\pm$ 4
Febbraio	16 $\pm$ 15	9 $\pm$ 9	6 $\pm$ 4
Marzo	14 $\pm$ 16	13 $\pm$ 10	9 $\pm$ 6
Aprile	19 $\pm$ 18	12 $\pm$ 10	7 $\pm$ 5
Maggio	16 $\pm$ 20	10 $\pm$ 9	7 $\pm$ 4
Giugno	84 $\pm$ 60	7 $\pm$ 3	10 $\pm$ 5
Luglio	16 $\pm$ 23	8 $\pm$ 5	8 $\pm$ 7
Agosto	11 $\pm$ 14	9 $\pm$ 3	10 $\pm$ 9
Settembre	12 $\pm$ 14	6 $\pm$ 3	11 $\pm$ 12
Ottobre	12 $\pm$ 16	7 $\pm$ 5	9 $\pm$ 10
Novembre	13 $\pm$ 17	22 $\pm$ 28	9 $\pm$ 7
Dicembre	14 $\pm$ 14	22 $\pm$ 36	12 $\pm$ 13
n di stazioni	12	5	4

Fonte: ANPA, Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia, 1998



Fonte: ENEA-DISP, Rapporto annuale sulla Radioattività Ambientale in Italia, Reti Nazionali, 1986-87, 1988, 1989, 1990. ANPA, Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia, 1991, 1992, 1993, 1994-97, 1998.

**Figura 5.1: Andamento della concentrazione di attività mensile media nel nord Italia di Cs137 ( $\mu\text{Bq}/\text{m}^3$ ) nel particolato atmosferico**

## INDICATORE

CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADIOISOTOPI NELLE DEPOSIZIONI UMIDE E SECCHIE

### SCOPO

La determinazione della concentrazione di attività di Cs-137 nella deposizione al suolo rappresenta un indicatore efficace della ricaduta da eventi di contaminazione su scala globale (incidente di Chernobyl).

### DESCRIZIONE

Si tratta tipicamente di un indicatore di stato. Misura la presenza di radioisotopi artificiali in campioni di liquidi e solidi al suolo.

### UNITÀ di MISURA

Bq/m<sup>2</sup>

### FONTE dei DATI

ENEA-DISP, *Rapporto annuale sulla Radioattività Ambientale in Italia, Reti Nazionali*, 1986-87, 1988, 1989, 1990.

ANPA, *Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia*, 1991, 1992, 1993, 1994-97, 1998.

OECD-NEA, 1987, *The radiological impact of the Chernobyl accident in OECD countries*, Parigi.

### NOTE TABELLE e FIGURE

Le misure sono effettuate dai laboratori delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale coordinate dall'ANPA (secondo gli appositi protocolli) su campioni raccolti mensilmente. E' stata effettuata la media per macroregione<sup>1</sup> sulla base dei dati delle singole stazioni di prelievo. L'aggiornamento dei dati è al 1998. Si osserva una disomogeneità significativa nella copertura territoriale.

Nella tabella 5.2 e nella figura 5.2 vengono presentate le deposizioni cumulative di Cs-137 nel 1998 (media sulle stazioni con set di dati mensili completo) che sono state confrontate con gli omologhi dati degli anni passati (riportati nei rapporti delle Reti Nazionali dal 1986). Si evidenziano gli eventi di ricaduta associati ai test in atmosfera degli anni 60 e l'episodio dell'incidente della centrale di Chernobyl a partire dal quale l'andamento dei valori di contaminazione segna una sistematica decrescita (il valore per il 1986 è stato stimato dai dati sperimentali presentati in un rapporto dell'OECD per la somma dei due isotopi dell'elemento, Cs-134 e Cs-137).

### OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

L'art. 104 del D.Lgs.230/95 individua le reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale come strumento per la stima dell'esposizione della popolazione dovuto a sorgenti diffuse.

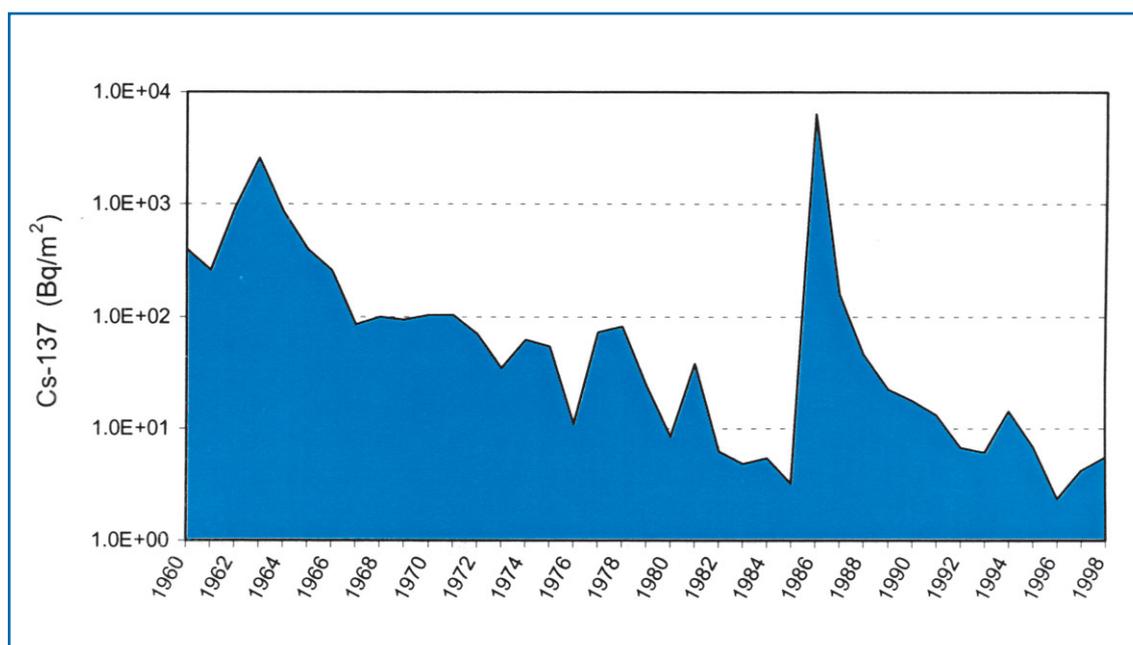
<sup>1</sup> La Raccomandazione Europea dell'8 giugno 2000 sull'applicazione dell'art.36 del Trattato Euratom riguardante il controllo del grado di radioattività ambientale allo scopo di determinare l'esposizione dell'insieme della popolazione, prevede la suddivisione dell'Italia nelle seguenti macroregioni (come riportato nella norma ISO 3166/4217):

- Nord: Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Lombardia, Piemonte, Province di Bolzano e Trento, Val d'Aosta e Veneto
- Centro: Abruzzo, Lazio, Marche, Molise, Toscana, Umbria e Sardegna
- Sud: Basilicata, Calabria, Campania, Puglia e Sicilia.

**Tabella 5.2: Concentrazione di attività di Cs-137 (Bq/m<sup>2</sup>): media mensile e deviazione standard nelle deposizioni umide e secche nel 1998**

	Nord Cs-137	Centro Cs-137	Sud Cs-137
Gennaio	0,70 ± 1,33	0,12 ± 0,12	-
Febbraio	0,16 ± 0,13	0,22 ± 0,26	-
Marzo	0,36 ± 0,40	0,26 ± 0,21	-
Aprile	0,25 ± 0,36	0,17 ± 0,10	-
Maggio	0,33 ± 0,32	0,39 ± 0,45	-
Giugno	1,05 ± 1,95	0,42 ± 0,47	-
Luglio	0,74 ± 1,24	0,89 ± 1,21	-
Agosto	0,20 ± 0,22	0,86 ± 1,14	-
Settembre	0,36 ± 0,60	0,25 ± 0,18	-
Ottobre	0,40 ± 0,38	0,07 ± 0,00	-
Novembre	0,20 ± 0,15	0,14 ± 0,12	-
Dicembre	0,14 ± 0,12	0,05 ± 0,01	-
n stazioni	12	3	0

Fonte: ANPA, Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia, 1998



Fonte: ENEA-DISP, Rapporto annuale sulla Radioattività Ambientale in Italia, Reti Nazionali, 1986-87, 1988, 1989, 1990  
 ANPA, Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia, 1991, 1992, 1993, 1994-97, 1998  
 OECD-NEA, 1987, The radiological impact of the Chernobyl accident in OECD countries, Parigi

**Figura 5.2: Andamento annuale della deposizione totale di Cs-137 (Bq/m<sup>2</sup>) in Italia**

## INDICATORE

CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADIOISOTOPHI IN BRIOFITE/MUSCHI

### SCOPO

L'indicatore fornisce la concentrazione di attività di Cs-137 nelle briofite (del tipo *pleurocarpi*) quali bioaccumulatori utili per monitorare le ricadute radioattive da eventi di contaminazione dell'atmosfera.

### DESCRIZIONE

Si tratta di muschi che assorbono l'acqua e gli altri metaboliti esclusivamente dall'atmosfera, attraverso le parti aeree della pianta, svolgendo in questo modo una funzione di bio-accumulatori di radionuclidi presenti nelle deposizioni atmosferiche umide e secche, senza interscambi diretti con il suolo.

### UNITÀ di MISURA

Bq/m<sup>2</sup>

### FONTE dei DATI

Le procedure seguite nelle indagini descritte sono ripotate nel "Protocollo di campionamento e misura campagna nazionale muschi 1993", ANPA, Roma.

### NOTE TABELLE E FIGURE

Il rilevamento dei dati è stato effettuato dalle Reti Regionali di Rilevamento della Radioattività ambientale, con il coordinamento di ANPA, Istituto Superiore di Sanità e CRR (Centro Regionale di Riferimento per la radioattività) del Friuli. L'iniziativa si è attuata a partire dal 1992 ed è continuata con cadenza prima annuale, poi orientativamente biennale; tuttora la raccolta dati non è sistematizzata. Campionamenti e misure si sono svolti con un apposito protocollo comune, l'adozione del quale garantisce una standardizzazione complessiva del monitoraggio (specificità locali possono ovviamente sussistere, riflettendosi sulla confrontabilità dei dati tra i vari siti di campionamento).

Dai dati relativi alla campagna del 1995 è stato possibile ricavare la mappa delle concentrazioni di attività di Cs-137 nelle briofite. All'indagine hanno partecipato tutte le regioni con esclusione di Abruzzo, Molise, Calabria e Sicilia. In figura 5.3 sono mostrati i siti di campionamento (almeno tre nelle regioni piccole, almeno cinque nelle grandi), per un totale di 106 punti complessivi di prelievo. I punti selezionati sono situati prevalentemente lungo gli archi alpino e appenninico e nelle zone montane in relazione alla disponibilità del tipo di bioindicatore individuato per il monitoraggio; per le aree non raggiungibili dal campionamento i livelli rappresentati nella mappa derivano da estrapolazioni.

Le concentrazioni di attività di cesio sono riferite al luglio 1995. L'interpolazione dei dati puntuali è stata effettuata mediante l'algoritmo IDW (*Inverse Distance Weighting*). La mappa (figura 5.3) consente di registrare un certo pattern in funzione della latitudine ed evidenzia alcune zone del nord Italia ove si riscontrano accumuli particolari di cesio.

Per i siti (44) con determinazioni ripetute negli anni 1993, 1995 e 1997 (figura 5.4) è stato possibile caratterizzare l'andamento temporale del Cs-137 nelle briofite: per ciascun sito si è proceduto a normalizzare le concentrazioni misurate al corrispondente dato del 1993; i valori di omologhe campagne sono stati poi mediati. Così facendo, non si è inteso indagare sulla dipendenza dell'anda-

mento temporale dallo specifico sito (della quale è indice la dispersione dei dati mostrata in figura); è plausibile, ad esempio, che aree soggette ad intense precipitazioni presentino più marcati effetti di dilavamento di altre. È anche da sottolineare che la finestra disponibile per la caratterizzazione dell'andamento temporale della contaminazione è abbastanza stretta (4 anni).

Eseguendo un fit esponenziale sui dati della figura, si ricava un tempo di dimezzamento complessivo di circa 8 anni, assai minore del tempo di dimezzamento fisico del Cs-137 (~ 30 anni), conseguenza dell'azione dei parametri ambientali in grado di contribuire all'abbattimento dei livelli di cesio nei muschi.

Nella campagna del 1995 in molti dei siti di campionamento muschi, sono stati prelevati campioni di suolo secondo modalità comuni. In effetti, uno degli obiettivi del ricorso alle briofite per comporre la mappa delle deposizioni è quello di avere un indicatore alternativo rispetto all'indicatore di concentrazione di attività di radioisotopi (Cs-137) nei suoli, con il vantaggio di una maggior semplicità nelle operazioni di prelievo e di una migliore riproducibilità nella determinazione. In tal senso è di interesse la caratterizzazione, se esiste, della correlazione tra i due tipi di indicatori.

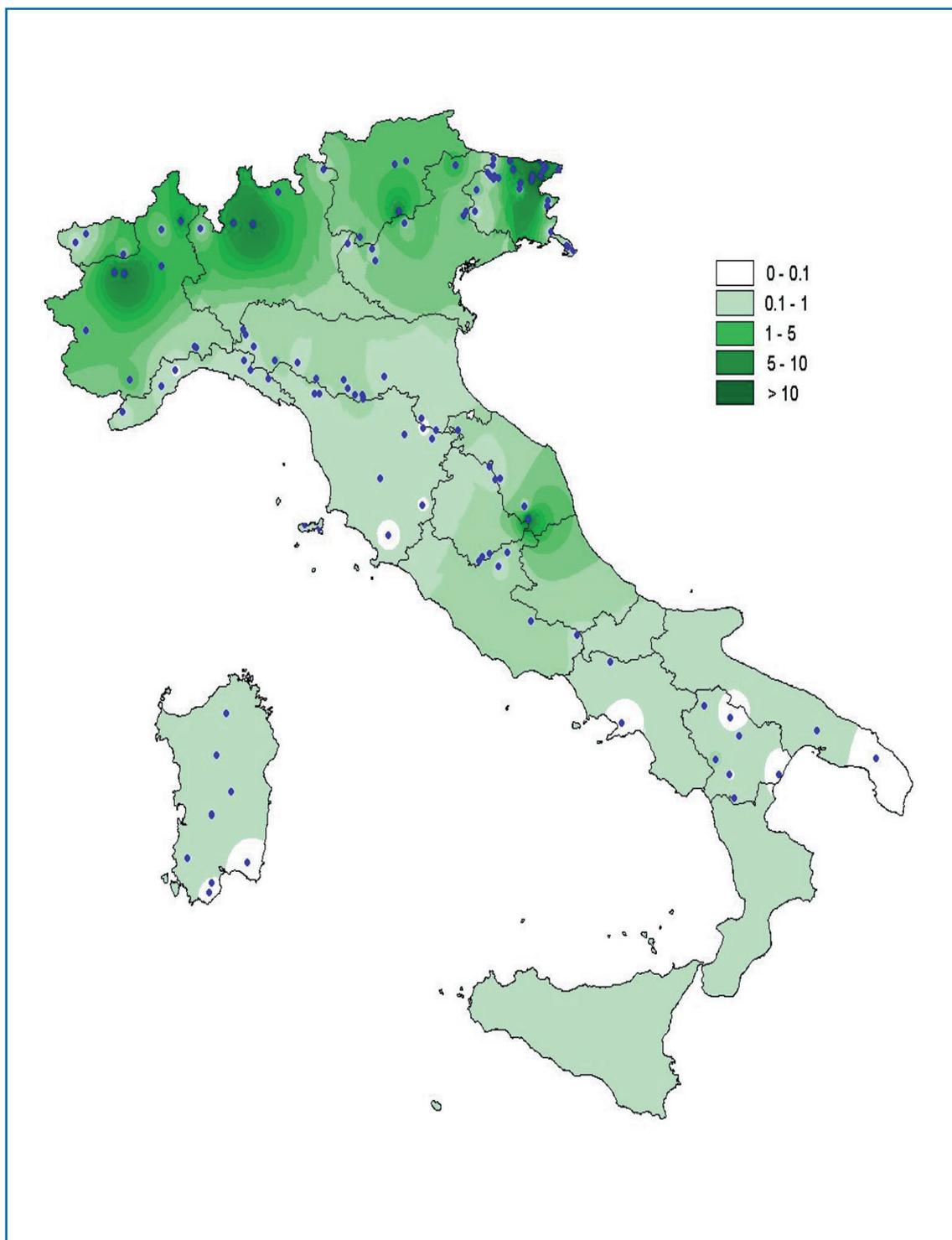
Sono stati quindi calcolati sito per sito i rapporti dell'attività di Cs-137 tra suolo e briofite, per complessivi 61 punti di prelievo. La distribuzione dei dati mostrata in figura 5.5 è approssimativamente log-normale.

La media geometrica del rapporto suolo/muschi è pari a 21.2 e la deviazione standard geometrica è 2.4.

È probabile che il contributo anteriore a Chernobyl di Cs-137 nel suolo agisca nell'allargare la distribuzione dei rapporti e nell'alterarne la simmetria.

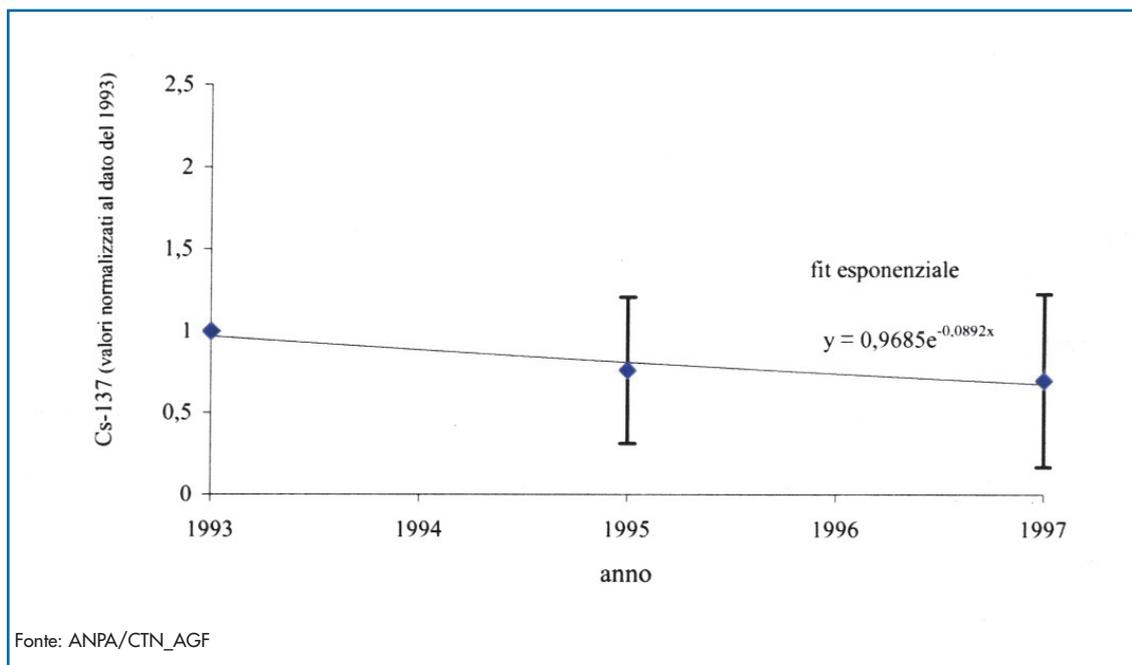
### **OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA**

L'art. 104 del D.Lgs. 230/95 individua le reti nazionali di sorveglianza della radioattività ambientale come strumento per la stima dell'esposizione della popolazione dovuto a sorgenti diffuse.



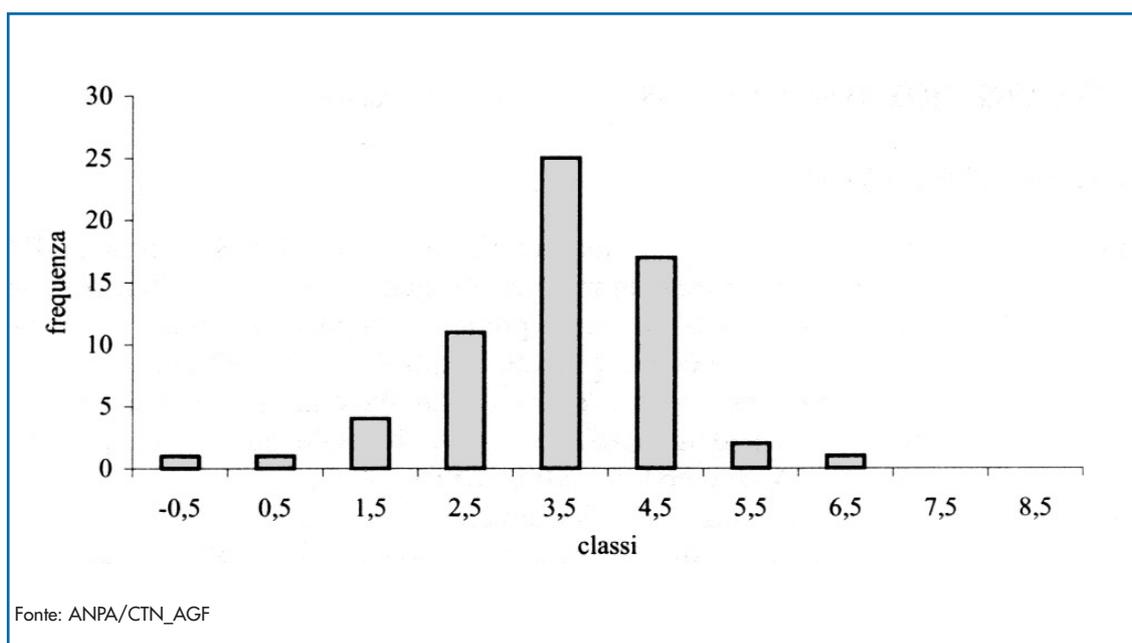
Fonte: ANPA/CTN\_AGF

Figura 5.3: Carta tematica della concentrazione di attività di Cs-137 (kBq/m<sup>2</sup>) nelle briofite ottenuta da interpolazione dei dati puntuali (campagna condotta nel 1995)



Fonte: ANPA/CTN\_AGF

Figura 5.4: Andamento temporale del Cs-137 nelle briofite (medie delle concentrazioni normalizzate al valore del 1993; le barre di errore documentano la dispersione dei dati al livello di confidenza del 68 %) (campagne effettuate negli anni 1993, 1995, 1997)



Fonte: ANPA/CTN\_AGF

Figura 5.5: Distribuzione di frequenza dei logaritmi dei rapporti tra la concentrazione di attività (kBq/m<sup>2</sup>) di Cs-137 nel suolo e nel muschio (campagna condotta nel 1995)

## INDICATORE

CONCENTRAZIONI DI ATTIVITÀ DI RADIOISOTOPI NELL'ACQUA DI MARE

### SCOPO

La valutazione delle concentrazioni di attività di Cs-137 nelle acque di mare permette il controllo di eventi di ricaduta radioattiva dovuti ad eventi di carattere globale che comportino l'emissione di prodotti di fissione, quali i test nucleari in atmosfera effettuati negli anni sessanta o incidenti a reattori nucleari (incidente di Chernobyl).

La presenza del Cs-137 nelle acque superficiali può essere dovuta a eventi più localizzati quali l'esercizio di impianti nucleari di potenza e/o di ricerca o la fusione accidentale di materiali contenenti sorgenti di tale radioisotopo.

### DESCRIZIONE

La presenza del Cs-137 nelle acque superficiali può essere dovuta a eventi più localizzati quali l'esercizio di impianti nucleari di potenza e/o di ricerca o la fusione accidentale di materiali contenenti sorgenti di tale radioisotopo. Si tratta, generalmente, di un indicatore di stato. Possibili indicatori collegati sono le concentrazioni di attività nei sedimenti marini, nelle alghe, nei molluschi e nei pesci.

### UNITÀ di MISURA

Bq/m<sup>3</sup>

### FONTE dei DATI

ENEA-DISP, *Rapporti annuali sulla Radioattività Ambientale in Italia, Vol. 1, Reti Nazionali, 1986-1987, 1988, 1989, 1990, 1991*

ANPA, *Rapporti annuali delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia, 1992, 1993, 1994-1997, 1998.*

### NOTE TABELLE E FIGURE

I prelievi e le analisi radiometriche sono effettuati dall'ENEA CRAM di S. Teresa, dall'ARPA Emilia Romagna e dal CRR della Sardegna nell'ambito delle attività delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale. I prelievi vengono effettuati con cadenza semestrale. I valori medi annuali delle concentrazioni di attività di Cs-137 nelle acque marine dal 1986 al 1998 riportati nella figura 5.6, sono stati calcolati dai dati presenti nei rapporti delle Reti Nazionali per la Sorveglianza della Radioattività Ambientale pubblicati dalla Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente (ex ENEA-DISP).

La variabilità osservata nei dati raccolti nel 1986 è dovuta:

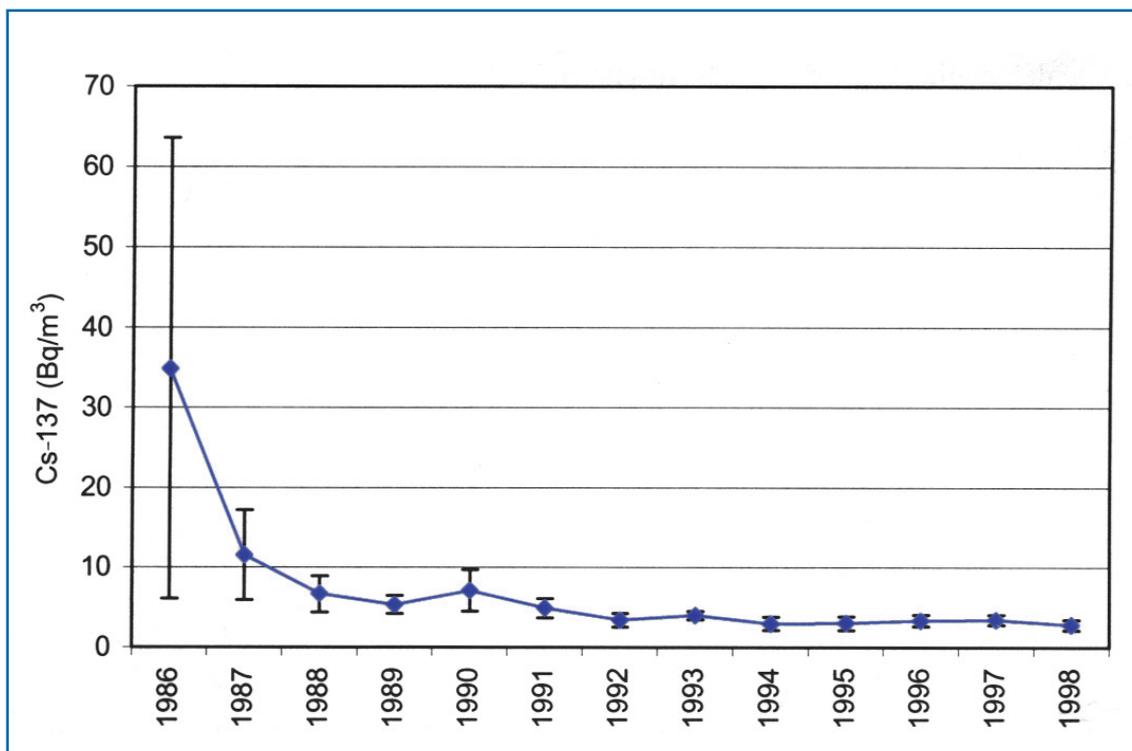
- ai dati raccolti precedentemente all'incidente di Chernobyl (25 aprile 1986) con valori inferiori a 10 Bq/m<sup>3</sup>;
- alla variabilità osservata lungo le coste italiane a seguito dell'incidente di Chernobyl. Infatti, i valori di concentrazione di attività di Cs-137 nei mari Adriatico ed Ionio sono rimasti costantemente più elevati rispetto quelli osservati nel mare Ligure e Tirreno a causa delle deposizioni di cesio più elevate nel bacino del mare Adriatico, dell'apporto dei maggiori fiumi nel nord Italia ed alla circolazione delle acque.

Nel 1998 i valori di concentrazione di attività del Cs-137 mostrano valori pari a  $2,8 \pm 0,6$  Bq/m<sup>3</sup>.

### ***OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA***

L'art. 104 del D.Lgs. 230/95 individua le reti di sorveglianza della radioattività ambientale come strumento per la stima dell'esposizione della popolazione dovuto a sorgenti diffuse.

La Raccomandazione Europea dell'8 giugno 2000 fornisce indicazioni ai paesi membri sulla realizzazione del monitoraggio della radioattività ambientale.



Fonte: ENEA-DISP, *Rapporti annuali sulla Radioattività Ambientale in Italia, Vol. 1, Reti Nazionali*, 1986-1987, 1988, 1989, 1990, 1991

ANPA, *Rapporti annuali delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia*, 1992, 1993, 1994-1997, 1998

**Figura 5.6: Valori medi annuali di concentrazioni di attività di Cs-137 (Bq/m³) con la loro deviazione standard**

**INDICATORE**

CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADIOISOTOPHI NEL LATTE

**SCOPO**

La misura della concentrazione di attività di radioisotopi nel latte fornisce un'informazione valida sugli aspetti dietetico-sanitari, mentre più complessa (ma ugualmente importante) risulta la correlazione della stessa con i parametri ambientali.

**DESCRIZIONE**

L'indicatore si basa sulla determinazione della concentrazione di attività di Cs-137 nel latte vaccino pastorizzato fresco e a lunga conservazione (UHT), quale residuo della contaminazione di eventi su scala globale (test bellici degli anni '50-'60, incidente di Chernobyl).

**UNITÀ di MISURA**

Bq/l

**FONTE dei DATI**

ENEA-DISP, 1989, *Rapporto annuale sulla Radioattività Ambientale in Italia, Vol. 1, Reti Nazionali, 1986-87*. ANPA, *Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia 1998*.

**NOTE TABELLE e FIGURE**

I dati di misura sono forniti dai laboratori delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale coordinate dall'ANPA (la fonte è il Rapporto delle Reti Nazionali del 1998). Campionamento e misura, entrambi mensili, sono svolti generalmente secondo gli appositi protocolli concordati tra gli stessi.

Il valore di concentrazione per macroregione riportato nella tabella 5.3 è la media aritmetica dei dati regionali, che si suppone siano rappresentativi a livello locale del territorio interessato. Il dato unico sul latte deriva (regione per regione) dalla media pesata sui campioni di latte fresco pastorizzato e a lunga conservazione. Nelle analisi effettuate l'attività è spesso risultata inferiore alla minima attività rivelabile<sup>3</sup>.

Le macroregioni individuate dalla Raccomandazione Europea comprendono ognuna un numero diverso di regioni e quindi per avere un dato confrontabile, il numero di misure (controlli effettuati) indicato per macroregione è stato normalizzato rispetto al numero di regioni (o provincie autonome) che la costituiscono.

Futuri approfondimenti potranno prevedere elaborazioni e strategie di campionamento più mirate a rappresentare il dato di contaminazione rispetto al consumo macroregionale. Anche la stima nazionale è basata sui valori medi regionali.

Dal confronto del valore medio nazionale del 1998 con quello del 1987 (figura 5.7), anno successivo alla ricaduta di Chernobyl, si evince un abbattimento dei livelli di contaminazione di circa un ordine di grandezza.

**OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA**

L'art. 104 del D.lgs. 230/95 individua le reti nazionali di sorveglianza delle radioattività ambientale come strumento per la stima dell'esposizione della popolazione dovuto a sorgenti diffuse.

Esiste anche una Regolamentazione Europea relativa alla commercializzazione conseguente alla contaminazione di Chernobyl.

<sup>3</sup> Nelle medie sui dati non si è distinto tra valori misurati e minime attività rivelabili (MAR); sono state trascurate le analisi con MAR superiori a 0,1 Bq/kg (Bq/l).

**Tabella 5.3: Concentrazione di attività di Cs-137: media annua nel latte vaccino (Bq/l) e numero di controlli effettuati per il 1998**

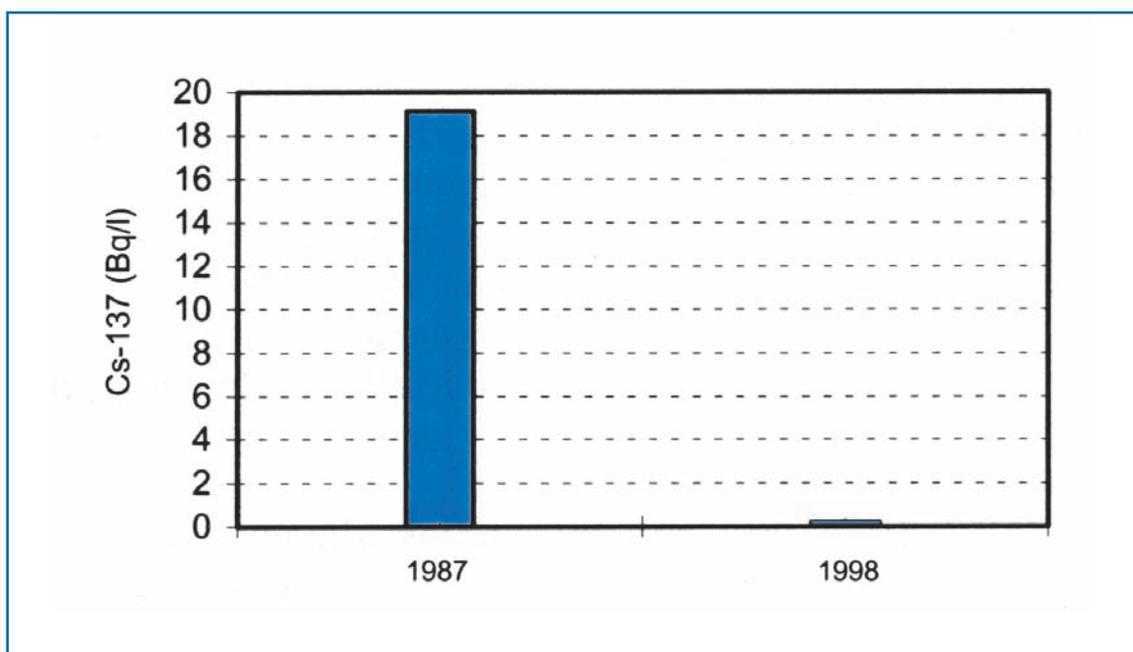
Macroregione	Cs-137 (Bq/l)	n misure/regione
Nord	0,249	67 <sup>(1)</sup>
Centro	0,172	18 <sup>(1)</sup>
Sud	0,125	40 <sup>(1)</sup>
<b>Italia</b>	<b>0,197</b>	<b>929 <sup>(2)</sup></b>

Fonte: ANPA, *Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia 1998*

**LEGENDA:**

(1) Valore normalizzato al numero di regioni (o province autonome) che compongono la macroregione

(2) Numero complessivo di misure



Fonte: ENEA-DISP, 1989, *Rapporto annuale sulla Radioattività Ambientale in Italia, Vol. 1, Reti Nazionali, 1986-87*  
 ANPA, *Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia 1998*

**Figura 5.7: Concentrazione media nazionale di Cs-137 (Bq/l) nel latte vaccino: confronto fra il valore del 1987 e del 1998**

**INDICATORE**

CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADIOISOTOPI NELLA DIETA MISTA

**SCOPO**

La stima di questo indicatore costituisce l'ideale dato di input per le valutazioni più propriamente sanitarie negli eventi di contaminazione interna.

**DESCRIZIONE**

L'indicatore si basa sulla determinazione della concentrazione di attività di Cs-137 negli alimenti di maggior consumo, quale residuo della contaminazione di eventi su scala globale (test bellici degli anni '50-'60, incidente di Chernobyl).

**UNITÀ di MISURA**

Bq/kg

**FONTE dei DATI**

ENEA-DISP, *Rapporto annuale sulla Radioattività Ambientale in Italia, Vol. 1, Reti Nazionali, 1986-87.*

ANPA, *Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia 1998.*

Turrini, Leclercq, D'Amicis, 1999, "Patterns of Food and Nutrient intakes in Italy and their Application to the Development of Food-based Dietary Guidelines", *British Journal of Nutrition*, n. 81, suppl. 2, pp. 83-89.

Turrini, Perrone, Saba, D'Acapito, Silvi, D'Amicis, 1999, "Banche dati nutrizionali: un'applicazione su uno studio a carattere nazionale", *la Rivista di Scienza dell'Alimentazione (Journal of Food Science and Nutrition)*, n.3, pp.235-257.

**NOTE TABELLE e FIGURE**

Sono stati considerati gli alimenti principali in termini di consumi e le relative contaminazioni stimate direttamente o indirettamente (tramite fattori di trasferimento) a partire da dati regionali del 1998; è stata calcolata dunque, per la singola macroregione<sup>1</sup>, la concentrazione media di Cs-137 (tabella 5.4) in tali alimenti pesata sui consumi macroregionali, per classi di età. Per talune categorie di alimenti (prodotti ortofruitticoli, cereali,...) con livelli di Cs-137 sistematicamente al di sotto dei limiti di sensibilità analitici si è utilizzato un dato unico per tutta Italia. Alcuni alimenti di rilevante consumo come a esempio l'acqua potabile sono stati trascurati in relazione alla nota non significatività della contaminazione residua.

La stima nazionale della dieta mista si basa sui valori medi regionali di contaminazione degli alimenti da parte del Cs-137<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> La Raccomandazione Europea dell'8 giugno 2000 sull'applicazione dell'art.36 del Trattato Euratom riguardante il controllo del grado di radioattività ambientale allo scopo di determinare l'esposizione dell'insieme della popolazione, prevede la suddivisione dell'Italia nelle seguenti macroregioni (come riportato nella norma ISO 3166/4217):

- Nord: Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Liguria, Lombardia, Piemonte, Province di Bolzano e Trento, Val d'Aosta e Veneto
- Centro: Abruzzo, Lazio, Marche, Molise, Toscana, Umbria e Sardegna
- Sud: Basilicata, Calabria, Campania, Puglia e Sicilia.

<sup>4</sup> Indagine successiva al 1994, documentata nel 1999.

Le determinazioni radiometriche sono svolte dai laboratori delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale secondo gli appositi protocolli.

I valori dei consumi, aggregati per macroregione, sono tratti dalla "Banca Dati dello studio INN-CA 1994-96" dell'Istituto Nazionale di Ricerca per gli Alimenti e la Nutrizione (INRAN).

Il valore medio nazionale del 1998 è stato confrontato con quello del 1987, quest'ultimo ottenuto dai dati radiometrici delle Reti Nazionali (la rappresentatività per alcune categorie di alimenti è bassa) e dai medesimi dati sui consumi del 1998 (figura 5.8).

Si registra nel 1998 un abbattimento rispetto al 1987, anno successivo all'incidente di Chernobyl, di un fattore di circa 50.

Con riferimento al dato nazionale del 1987 sono stati distinti i contributi dei singoli alimenti alla concentrazione nella dieta mista (figura 5.9).

### **OBIETTIVI FISSATI dalla *NORMATIVA***

L'art. 104 del D.Lgs.230/95 individua le reti nazionali di sorveglianza radioattività ambientale come strumento per la stima dell'esposizione della popolazione dovuto a sorgenti diffuse.

Esiste anche una Regolamentazione Europea relativa alla commercializzazione conseguente alla contaminazione di Chernobyl.

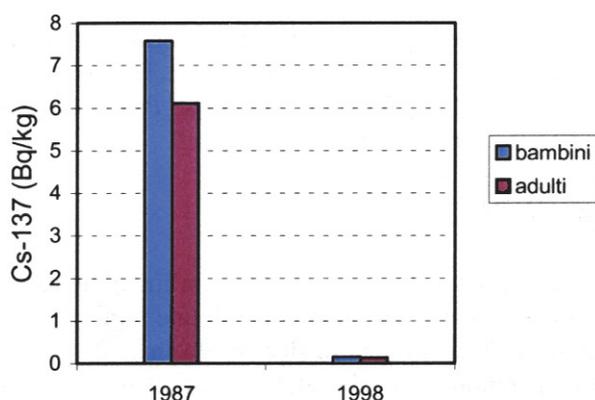
**Tabella 5.4: Concentrazione di attività di Cs-137 (Bq/kg) per il 1998 nella dieta mista (media per i principali alimenti pesata sui consumi alimentari) per le 2 classi di età**

Macroregione	Cs-137 (Bq/kg)	
	Bambini <sup>(1)</sup>	Adulti <sup>(2)</sup>
Nord	0,137	0,125
Centro	0,121	0,113
Sud	0,137	0,137

Fonte: ANPA, Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia 1998.

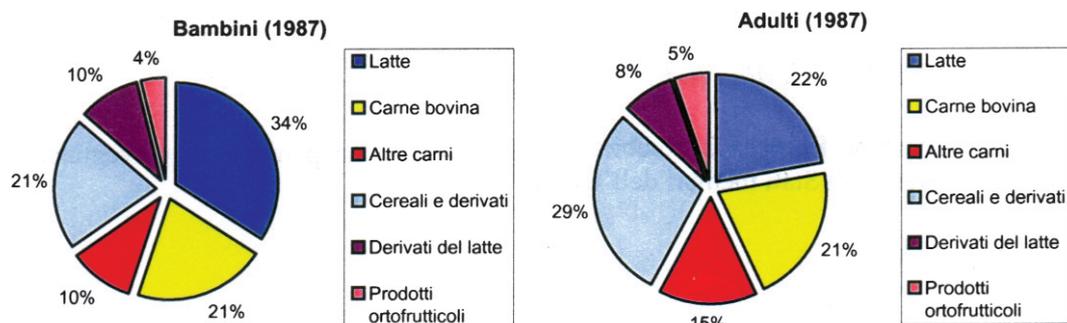
**LEGENDA:**

- (1) Età compresa fra 1-9 anni
- (2) Età >9 anni



Fonte: ENEA-DISP, Rapporto annuale sulla Radioattività Ambientale in Italia, Vol. 1, Reti Nazionali, 1986-87  
ANPA, Rapporto annuale delle Reti Nazionali di Sorveglianza della Radioattività Ambientale in Italia 1998.

**Figura 5.8: Valore medio nazionale della contaminazione di Cs-137 (Bq/kg) nella dieta mista: raffronto fra il dato del 1987 e del 1998**



Fonte: ENEA-DISP, Rapporto annuale sulla Radioattività Ambientale in Italia, Vol. 1, Reti Nazionali, 1986-87

**Figura 5.9: Contributi dei singoli alimenti alla concentrazione di attività di Cs-137 nella dieta mista per classe d'età (1987, dato nazionale)**

## INDICATORE

### CONCENTRAZIONE DI ATTIVITÀ DI RADON INDOOR

#### SCOPO

Valutazione e monitoraggio di radon, una delle principali fonti di esposizione alla radioattività naturale (e totale) della popolazione.

#### DESCRIZIONE

L'indicatore è qualificabile come indicatore di stato e fornisce la concentrazione di attività media di Rn-222 (ed eventuali altri parametri statistici significativi) in aria nelle abitazioni.

#### UNITÀ di MISURA

Bq/m<sup>3</sup>

#### FONTE dei DATI

La metodologia dell'indagine e le elaborazioni sono riportate in: F. Bochicchio, G. Campos Venuti, S. Piermattei, G. Torri, C. Nuccetelli, S. Risica, L. Tommasino "Results of the national survey on radon indoors in the all the 21 italian regions" *Proceedings of Radon in the Living Environment Workshop*, Atene, Aprile 1999.

#### NOTE TABELLE e FIGURE

Per la determinazione di radon indoor, è stata condotta un'indagine nazionale, tra gli anni 1989-1994 (con estensione temporale per recuperare alcune regioni mancanti), che ha coinvolto un campione significativo di 5631 abitazioni distribuite in 232 comuni italiani. L'indagine è stata realizzata in ciascuna regione dai laboratori regionali per il controllo della radioattività ambientale con il coordinamento di ANPA e dell'Istituto Superiore della Sanità. Il campionamento, di tipo random, ha consentito di estendere la rappresentatività al livello regionale: tecnicamente, nel campionamento sono stati considerati due strati per ogni regione (comuni con popolazione superiore o inferiore a 100.000 abitanti). Per le singole regioni, i dati di concentrazione di attività annua di radon indoor e di percentuale di abitazioni eccedenti prefissati livelli di riferimento di ogni strato sono stati mediati pesando rispetto al numero di abitanti dello strato, al fine di ottenere i valori medi per l'intera regione (tabella 5.5).

A partire dai dati regionali sono stati stimati i valori medi nazionali: la media aritmetica di concentrazione di attività di radon indoor è 70 Bq/m<sup>3</sup>, quella geometrica è 52 Bq/m<sup>3</sup> e la percentuale di abitazioni che eccedono il livello di riferimento di 200 Bq/m<sup>3</sup> è 4,1 % (figura 5.10).

#### OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA

La Raccomandazione Europea 21 febbraio 1990 ha avviato un percorso di sorveglianza del radon indoor presso gli Stati membri dell'Unione.

**Tabella 5.5: Dati di concentrazione di attività di Rn-222: media annua e scarto tipo nelle abitazioni nelle 20 regioni italiane<sup>1</sup> (indagine condotta nel periodo 1989 - 1994)**

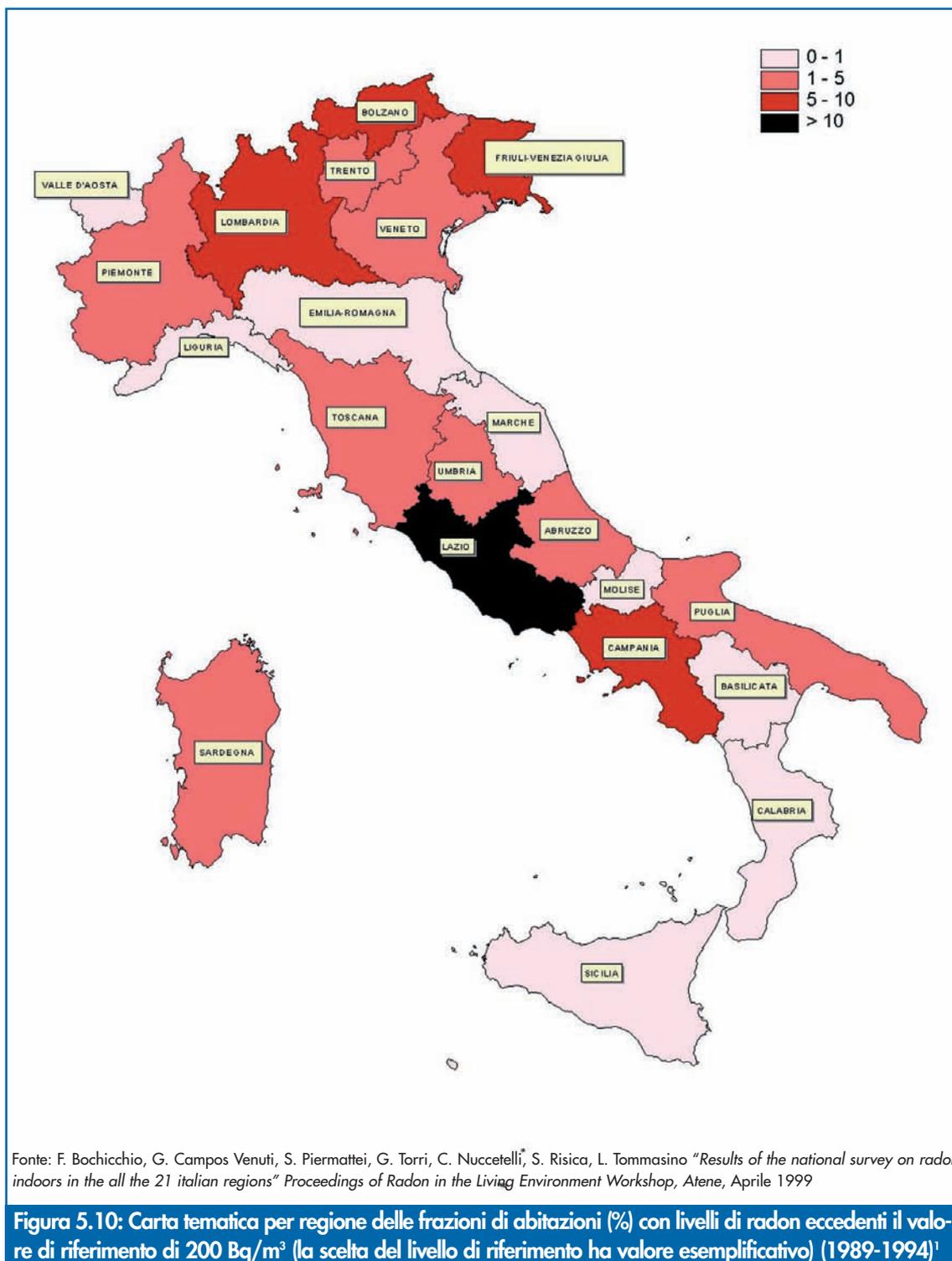
Regione <sup>1</sup>	Rn-222 (Bq/m <sup>3</sup> )
Piemonte	69 ± 3
Valle d'Aosta	44 ± 4
Lombardia	111 ± 3
Provincia autonoma di Bolzano <sup>1</sup>	70 ± 8
Provincia autonoma di Trento <sup>1</sup>	49 ± 4
Veneto	58 ± 2
Friuli Venezia Giulia	99 ± 8
Liguria	38 ± 2
Emilia Romagna	44 ± 1
Toscana	48 ± 2
Umbria	58 ± 5
Marche	29 ± 2
Lazio	119 ± 6
Abruzzo	60 ± 6
Molise	43 ± 6
Campania	95 ± 3
Puglia	52 ± 2
Basilicata	30 ± 2
Calabria <sup>2</sup>	25 ± 2
Sicilia <sup>2</sup>	35 ± 1
Sardegna	64 ± 4

Fonte: F. Bochicchio, G. Campos Venuti, S. Piermattei, G. Torri, C. Nuccetelli, S. Risica, L. Tommasino "Results of the national survey on radon indoors in the all the 21 italian regions" *Proceedings of Radon in the Living Environment Workshop, Atene, Aprile 1999*

**LEGENDA:**

<sup>1</sup> Il Trentino Alto Adige è costituito dalle due province autonome di Bolzano e di Trento amministrativamente indipendenti.

<sup>2</sup> Indagine successiva al 1994, documentata nel 1999.



<sup>1</sup> Per la Calabria e Sicilia l'indagine è successiva al 1994 ed è documentata nel 1999

**INDICATORE****QUANTITÀ DI RIFIUTI RADIOATTIVI****SCOPO**

Valutare la pressione ambientale costituita dalla presenza e dalle caratteristiche dei siti di stoccaggio dei rifiuti radioattivi.

**DESCRIZIONE**

L'indicatore documenta la distribuzione dei siti dove sono detenuti rifiuti radioattivi con informazioni su tipologia e quantità dei medesimi. Si tratta di un indicatore di pressione.

**UNITÀ di MISURA**

GBq, TBq, m<sup>3</sup>

**FONTE dei DATI**

Banca dati SIRR (Sistema Informativo Rifiuti Radioattivi) c/o ANPA – Progetto Speciale Rifiuti Radioattivi.

**NOTE TABELLE e FIGURE**

Sono forniti i dati su volumi e attività dei rifiuti (sia solidi che liquidi) e sulle attività delle sorgenti dismesse e del combustibile irraggiato per regione di ubicazione dei siti di raccolta. I dati si riferiscono a settembre 2001 e si prevede un aggiornamento annuale. In seguito saranno disponibili anche disaggregazioni su altre informazioni importanti, quali la Categoria di appartenenza (ai sensi della Guida Tecnica ANPA, n° 26), la quota di rifiuto condizionato sul totale, nonché l'informazione sul singolo recettore.

Nelle regioni che non sono riportate nella tabella 5.6 non sono previsti siti di detenzione di rifiuti radioattivi come evidenziato anche dalla cartina rappresentata in figura 5.11.

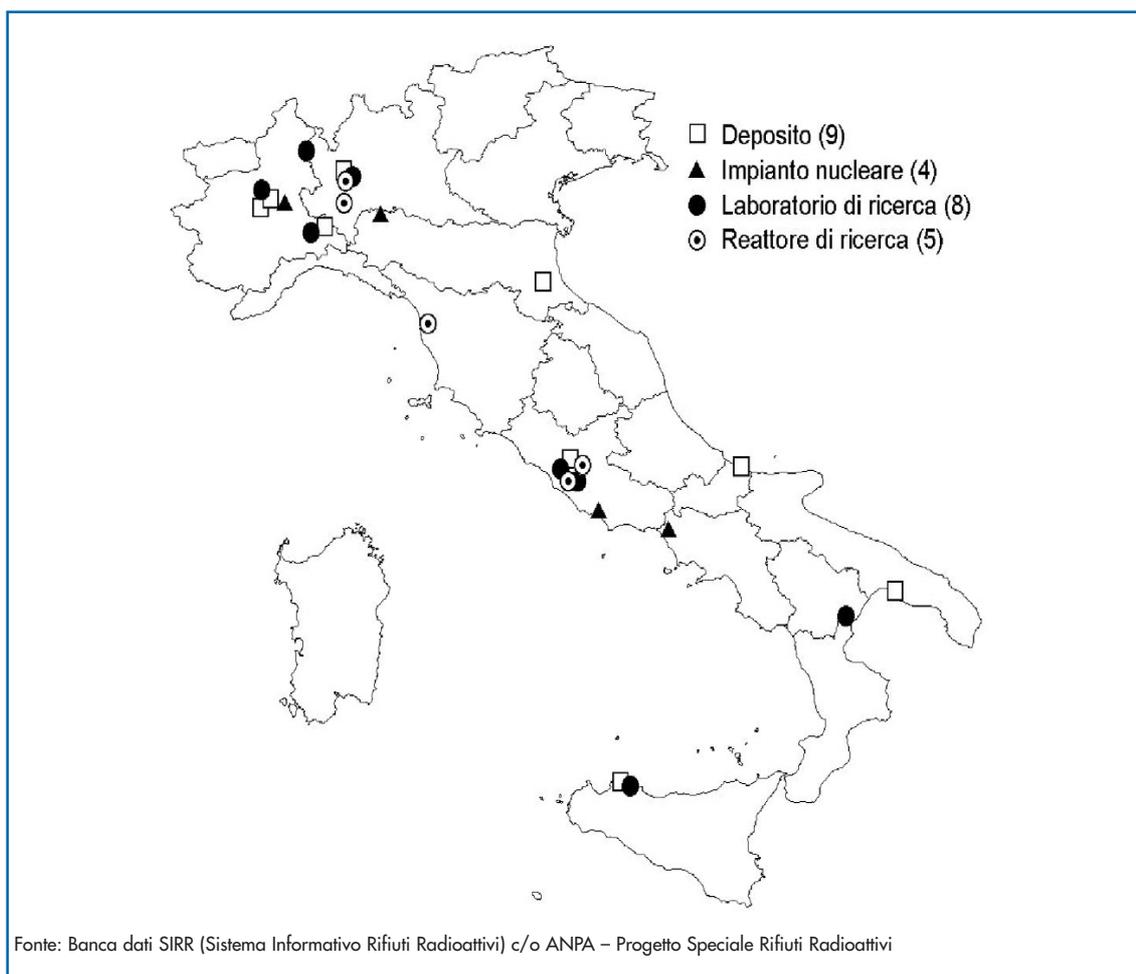
**OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA**

L'attività di allontanamento/raccolta/deposito di rifiuti radioattivi è disciplinata dal Decreto Legislativo di radioprotezione 230/95 (come modificata dal D.Lgs. 241/00), specificatamente al Capo VI.

**Tabella 5.6: Caratterizzazione dei rifiuti radioattivi, delle sorgenti dismesse e del combustibile irraggiato suddivisi per regione di ubicazione**

Regione	Rifiuti Radioattivi		Sorgenti	Combustibile irraggiato	Totale
	attività (GBq)	Volume (m <sup>3</sup> )	attività (GBq)	attività (TBq)	attività (TBq)
Piemonte	5.797.486	4.750	5.037	1.348.800	1.354.603
Lombardia	69.190	2.935	107.443	3.689	3.866
Emilia Romagna	3.889	4.419	73.751	1.800.059	1.800.137
Lazio	91.560	6.258	698.238	160.053	160.853
Campania	531.262	2.533		0	531
Toscana	14.503	350	419.000	0,005	434
Basilicata	591.793	3.101	41	4.583	5.175
Molise	46	86	0,30	-	0,050
Puglia	238	1.140	1,46	-	0,240
Sicilia	0,88	30	0,01	-	0,001
<b>TOTALI</b>	<b>7.099.967</b>	<b>25.601</b>	<b>1.303.514</b>	<b>3.317.184</b>	<b>3.325.056</b>

Fonte: ANPA, settembre 2001



Fonte: Banca dati SIRR (Sistema Informativo Rifiuti Radioattivi) c/o ANPA – Progetto Speciale Rifiuti Radioattivi

**Figura 5.11: Siti di detenzione dei rifiuti distinti per tipologia: impianti nucleari, reattori di ricerca, depositi, laboratori di ricerca (ANPA, settembre 2001)**

**INDICATORE**

ATTIVITÀ LAVORATIVE CON USO DI MATERIALI CONTENENTI RADIONUCLIDI NATURALI (NORM)

**SCOPO**

Valutare le fonti di pressione ambientale relative ai NORM.

**DESCRIZIONE**

L'indicatore caratterizza la presenza nel territorio nazionale delle attività lavorative con uso e/o produzione di materiali che contengono radionuclidi naturali (*"Naturally Occuring Radioactive Materials"*, NORM) in quantità non trascurabili.

**UNITÀ di MISURA**

numero di attività

**FONTE dei DATI**

ANPA, Enel SpA

**NOTE TABELLE e FIGURE**

Sono state selezionate alcune tipologie di attività lavorative fra quelle sottoposte a specifiche disposizioni dell'art. 10 bis del D.Lgs. 17 marzo 1995, n. 230, introdotto in virtù dell'art. 5 del D.Lgs. 26 maggio 2000 n. 241, ed altre (miniere di uranio e centrali termoelettriche a carbone) per le quali vi sono studi che ne documentano l'impatto radiologico.

Su tale insieme di attività è in corso un censimento specifico da parte dell'ANPA / CTN\_AGF finalizzato a quantificarne la pressione sull'ambiente. Nella tabella 5.7 si riportano per ogni tipologia selezionata il numero di attività/impianti nel territorio nazionale, le fonti e la data di aggiornamento delle informazioni, il grado di disaggregazione dei dati a disposizione del CTN\_AGF. Si prevede un aggiornamento annuale dei dati.

Va sottolineato che la ricognizione è preliminare e le cifre che vengono presentate sono suscettibili di adattamenti. Si accenna, per ogni tipologia, agli aspetti per i quali essa è fonte potenziale di pressione radiologica sull'ambiente: sono elementi di sintesi e come tali approssimativi.

Si riportano nella tabella 5.8 dati di dettaglio (relativi al 1999) sulle centrali termoelettriche a carbone del Gruppo Enel. Si tratta di centrali "policombustibile", atte cioè ad utilizzare indifferentemente il carbone e almeno un altro combustibile (olio combustibile, gas naturale, lignite).

**OBIETTIVI FISSATI dalla NORMATIVA**

La novità maggiore del Decreto Legislativo 230/95 (come modificato dal Decreto Legislativo 241/00) è l'estensione del campo di applicazione alla radioattività naturale nelle attività lavorative e relativi impatti sull'ambiente, segnatamente per l'uso/eliminazione di materiale con elevato contenuto di radioattività naturale.

**Tabella 5.7: Attività lavorative con uso e/o produzione di NORM (2001)**

Tipologia attività (impianto)	n attività	Fonti dati	Disponibilità/aggiornamento dati	Potenziale pressione sull'ambiente
Estrazione gas e petrolio (AGIP) <sup>1</sup>	7619 pozzi 34 campi a terra 38 piattaforme 53 centrali	Comunicazione AGIP	Singola attività/ 1999	Possibili problemi per smaltimento incrostazioni di parti dell'impianto (potenziale presenza di Ra-226, Pb-210, Po-210) e delle acque di formazione (potenziale presenza di Ra-226).
Raffinerie di petrolio <sup>2</sup>	18 stabilimenti	Ministero Ambiente	Singola attività/ 1° marzo 2001	Possibili problemi per smaltimento incrostazioni in parti dell'impianto.
Miniere di uranio <sup>3</sup>	2 siti	ANPA	2000	Problemi per eventuale accesso della popolazione e riutilizzo dell'area.
Produzione di silicati di zirconio macinati <sup>4</sup>	6 unità locali	Comunicazione produttori	2000	I minerali di partenza hanno elevati contenuti di U-238 e Th-232. Problemi per dispersione delle polveri, irradiazione in trasporto e stoccaggio e per la gestione residui (processi a umido).
Produzione di materiali refrattari	132 unità locali	Censimento intermedio dell'industria (ISTAT)	Comunale/ 1996	Immissione parziale in atmosfera di Pb-210 e Po-210 durante la combustione delle sabbie.
Acciaierie a ciclo integrale <sup>5</sup>	4 stabilimenti, 2 dei quali con impianti di agglomerazione minerale	Federacciai, ( <i>L'industria Siderurgica italiana nel 1999</i> ), siti web dei gruppi industriali	Singola attività/ 2001	Nella combustione dei minerali (sinterizzazione, soprattutto) immissione parziale in atmosfera di Pb-210 e Po-210. Possibili problemi per lo smaltimento e il riciclaggio dei residui.
Centrali termoelettriche a carbone (Gruppo ENEL)	13 stabilimenti	Comunicazione ENEL SpA/Affari Istituzionali ed Internazionali/ Ambiente	Singola attività/ 1999	La combustione del carbone porta all'immissione parziale in atmosfera di Pb-210 e Po-210. Problemi per il riutilizzo in edilizia delle ceneri leggere (irradiazione esterna e esalazione di radon), e lo smaltimento in discarica delle ceneri pesanti.
Lavorazione dei minerali fosfatici	3 stabilimenti di produzione di perfosfati, circa 100 di produzione di fertilizzanti	Comunicazione Assofertilizzanti	2001	Il minerale di partenza (fosforite) ha elevate concentrazioni di U-238. Problemi per esposizione dei lavoratori dell'industria di fosfati e fertilizzanti e degli utilizzatori in agricoltura.
Discariche di fosfogessi <sup>6</sup>	5 siti	Comunicazione referenti locali Enichem	Singolo sito/ 2001	Elevati contenuti di Ra-226, Pb-210 e Po-210. Possibile rilascio in fiumi, mari e acque sotterranee.

Fonte: ANPA / CTN\_AGF

**LEGENDA:**

<sup>1</sup> I dati si riferiscono unicamente agli impianti AGIP per la non disponibilità di dati relativi ad Edison Gas e Società Petrolifira Italiana.

<sup>2</sup> Si tratta delle raffinerie soggette a notifica secondo l'art. 6 del D.Lgs. 334/99 sugli stabilimenti a rischio di incidente rilevante.

<sup>3</sup> Le miniere, entrambe chiuse, si trovano in Val Seriana (provincia di Bergamo) e Val Vedello (provincia di Sondrio).

<sup>4</sup> Si tratta di attività che, a partire da sabbie ad alto contenuto di zirconio, producono polveri di silicati di zirconio destinate all'industria delle ceramiche, dei refrattari, alla produzione di smalti, vetri speciali, mattonelle. Il dato deriva da una comunicazione personale ed è probabilmente deficitario.

<sup>5</sup> Il ciclo integrale parte dalle materie prime, costituite principalmente da minerali di ferro e carbon coke e copre il 40% della produzione complessiva di acciaio in Italia. La restante produzione avviene con forno elettrico a partire dal rottame di ferro.

<sup>6</sup> Si tratta di siti (tutti di proprietà ENICHEM) in cui venivano depositati i fosfogessi, quali residui delle attività finalizzate alla produzione di fertilizzanti o detersivi (Venezia, Crotone, P.to Torres e Gela).

**Tabella 5.8: Centrali termoelettriche a carbone del Gruppo Enel (1999)**

Denominazione Centrale	Comune	Produzione lorda di energia elettrica da carbone (MWh)	Consumo di carbone (tonnellate)
Bastardo	Gualdo Cattaneo (PG)	996.045	376.436
Brindisi	Brindisi (BR)	0	0
Brindisi sud	Cerano (BR)	5.559.528	2.005.271
Fusina	Malcontenta (VE)	4.078.509	1.411.918
Genova	Genova (GE)	2.057.476	812.332
La Spezia	La Spezia (SP)	2.936.909	999.107
Monfalcone	Monfalcone (GO)	2.115.217	714.234
Pietrafitta	Panicale (PG)	0	0
Porto Marghera	Venezia (VE)	781.066	326.115
Santa Barbara	Cavriglia (AR)	0	0
Santa Gilla	Cagliari (CA)	0	0
Sulcis	Portoscuso (CA)	1.102.875	403.161
Vado Ligure	Valleggia di Quiliano (SV)	3.712.831	1.347.129
<b>Totale</b>		<b>23.340.456</b>	<b>8.395.703</b>

Fonte: Enel SpA/Affari Istituzionali e Internazionali